

①丰产性与产量水平。本生态区除局部地区有灌溉条件外,其余大面积小麦生产均为雨养农业。近几年,随着农业生产迅速发展,科学种田水平不断提高,综合运用科学技术,加强分类指导,各地小麦单产有了大幅度提高,涌现出平均亩产 200 公斤的讷河、嫩江、德都等县,平均亩产 300 公斤的乡镇遍地开花,以及大面积平均亩产 400 公斤高产村屯。各地迫切要求亩产 300~400 公斤高产抗病不倒良种,在水浇地上则要求亩产 500 公斤左右的抗倒高产新品种。在南部地区,由于生产改制的要求,生产上迫切需要早熟高产或超早熟高产新品种,以适应生产上一年两季夺高产。

②水平抗性与广谱抗性。由于本麦区夏季高温多雨,小麦病害滋生严重。各地要求不仅选育抗多个生理小种或生理型的水平抗性

好的品种,而且具有抗秆、叶锈、根腐病、黄矮病、赤霉病,以及白粉病的广谱抗性强的多抗品种,减轻病害对产量影响所造成的损失。

③专用品质。我国北方素以面食为主,人们多喜欢适合做各种面条、馒头、饺子等“家庭用粉”。随着农业商品经济的迅速发展,旅游业的崛起,国内食品结构的变化和消费水平的不断增长,对品种的加工品质要求十分迫切,要求选育适于制做各种面包,饼干,蛋糕等专用品质。

④以生态育种为理论基础,深入了解生产上存在的各种问题,不断认识和掌握各地生态条件下品种生态类型和变化规律,改进生态育种技术和方法,加强多学科协作,大于“当前”,考虑“长远”,为“八五”、“九五”期间选育出具有突破性高产优质、多抗,适应性强的新品种,以迎接小麦生产新高潮的到来。

研究报告

三江平原影响主要大田作物 产量的关键气候因子分析

贾会彬 刘 峰 赵德林 洪福玉

(黑龙江省农科院合江农科所)

摘要 本文对三江平原近四十年的气候与产量资料进行了统计分析。结果表明,热量因素是制约三江平原大田作物产量的关键气候因子。大豆、玉米对气候条件的反应较为一致,对生育前期 5~6 月平均气温较为敏感,而影响水稻产量的关键气候因子是整个生育期 5~9 月平均气温。

三江平原位于黑龙江省东北部,地理位置在东经 129°11'22"~135°05'10",北纬 43°

49'55"~48°27'40",属于寒温带湿润半湿润季风气候区^[1],是我国重要商品粮生产基地

之一。近年来大豆播种面积约为 40%，玉米为 15%，水稻为 10%。其共同的产量特点是：年际间往往形成大面积大幅度的产量波动，丰欠不均，稳产性差。造成这种结果的原因，一方面由于该区广泛分布的低产土壤如黑朽土、白浆土没有得到有效的治理，抗灾能力低；另一方面气候条件中存在着不利因素也是造成作物稳产性差的重要原因。

三江平原的主要气象灾害是涝、旱和低温冷害，特别是涝灾与低温伴生的年分减产最为严重^[2]。但气候条件对各作物产量的影响还缺乏系统的分析。一些学者从全省范围内分析了影响作物产量的气候因子，但应用到三江平原又有所差别。连成才等利用作物

表 1 气候因子平均值(M)及变异系数

| 项 目 | 月 份 | | | | | | | | | |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--|
| | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 5~6 | 7~8 | 5~9 | |
| 温度(T) ℃ | M | 13.4 | 18.9 | 22.1 | 20.6 | 13.6 | 16.1 | 21.3 | 17.8 | |
| | C.V | 8.8 | 8.0 | 4.7 | 5.5 | 7.5 | 6.1 | 3.8 | 3.6 | |
| 降水(P) | M | 47.6 | 73.7 | 119.8 | 127.2 | 67.8 | 121.3 | 247.0 | 436.4 | |
| | C.V | 46.3 | 57.0 | 49.5 | 50.2 | 52.6 | 39.4 | 38.4 | 25.8 | |
| 日照(S) ℃ | M | 246.3 | 243.6 | 235.5 | 225.6 | 219.5 | 490.0 | 461.0 | 1170.6 | |
| | C.V | 13.0 | 18.7 | 16.4 | 20.2 | 15.3 | 11.1 | 12.8 | 8.0 | |

注：根据佳木斯地区气象局提供数据整理(1951~1988)。

物所需最基本的农业气象条件是光照、水分和温度等，如不考虑人工的影响，作物实际得到的这些条件可用当地气候资料中的日照时数、降水和日平均气温作近似的定量的描述^[4]。兹将作物生育期内以及各阶段主要气候因子列于表 1(表中的气温、降水和日照分别用字母 T、P、S 表示)。

从表 1 看出，作物生育期内 5~6 月、7~8 月这两个阶段的气象指标差异较大，降水与热量集中分布在 7~8 月。而这两个时期基本上与大田作物的营养生长和生殖生长相对应，并且两个时间的大田管理也各有侧重。因此，我们在分析气象条件影响大田作物产量时，不但分析整个生育期气象指标，而且对生育期内这两个不同阶段也予以分析，既反应整体性又注意阶段性，在综合分析基础上找

整个生育期积温指标分析了佳木斯地区温度与玉米生育和产量的关系^[3]，但没有涉及其它气象条件如降水和日照与温度的相互关系。本文利用三江平原，1951~1988 年 38 年的气候与产量资料，在建立产量指数的基础上，分析了影响本区大豆、玉米和水稻产量的关键气候因子，为制订正确的农业防御措施提供依据。

一、分析方法

(一)气候指标的划分 本区稳定通过 10℃ 日期在 5 月 15 日前后，酷霜期在 9 月 25 日前后，生育期 125 天左右。一般认为，作

出影响不同作物产量的关键气候因子。

(二)产量指数的建立 三类大田作物历

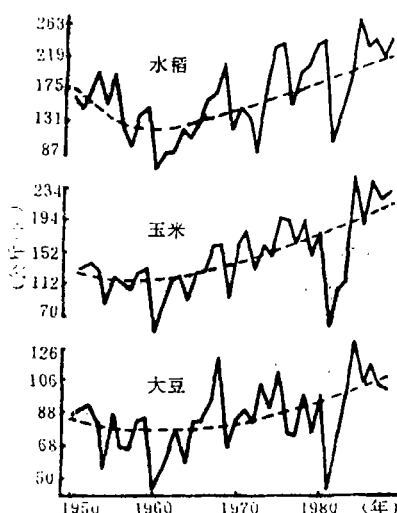


图 主要大田作物历年产量结果(1951~1988)

年产量结果见图。一般认为,在一定时期内作物产量呈现下降或上升趋势是由当地生产力水平决定的。例如本区在建国初期土地开垦之后,培肥地力跟不上,管理水平低下,便出现下降趋势(1951~1962年),以后随着技术进步,如应用新品种,施用化肥和机械化水平

提高等,作物产量呈现上升趋势。在分析气候因子与作物产量关系时,为了剔除这种趋势产量,用产量指数比实际产量更能切合实际^[5]。产量指数由下式确定:

$$\text{产量指数} = \frac{\text{实际产量}}{\text{趋势产量}} \times 100$$

表 2 作物历年产量指数

| 年 份 | 大 豆 | 玉 米 | 水 稻 | 年 份 | 大 豆 | 玉 米 | 水 稻 |
|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1951 | 108 | 110 | 86 | 1970 | 103 | 120 | 100 |
| 1952 | 115 | 116 | 107 | 1971 | 109 | 133 | 88 |
| 1953 | 105 | 110 | 131 | 1972 | 97 | 91 | 55 |
| 1954 | 70 | 72 | 103 | 1973 | 125 | 113 | 106 |
| 1955 | 116 | 103 | 140 | 1974 | 104 | 102 | 134 |
| 1956 | 91 | 96 | 93 | 1975 | 127 | 131 | 134 |
| 1957 | 90 | 90 | 74 | 1976 | 85 | 127 | 81 |
| 1958 | 113 | 107 | 108 | 1977 | 82 | 104 | 105 |
| 1959 | 117 | 112 | 119 | 1978 | 107 | 121 | 107 |
| 1960 | 58 | 42 | 53 | 1979 | 81 | 89 | 118 |
| 1961 | 72 | 74 | 74 | 1980 | 104 | 107 | 120 |
| 1962 | 88 | 96 | 74 | 1981 | 45 | 33 | 67 |
| 1963 | 106 | 102 | 97 | 1982 | 75 | 58 | 67 |
| 1964 | 78 | 75 | 87 | 1983 | 99 | 64 | 86 |
| 1965 | 110 | 103 | 100 | 1984 | 131 | 132 | 123 |
| 1966 | 108 | 101 | 119 | 1985 | 104 | 96 | 103 |
| 1967 | 122 | 128 | 123 | 1986 | 115 | 121 | 107 |
| 1968 | 154 | 126 | 147 | 1987 | 102 | 108 | 95 |
| 1969 | 83 | 70 | 80 | 1988 | 99 | 108 | 106 |

表 3 作物平均产量和产量指数变异系数

| 项 目 \ 作物 | 大 豆 | 玉 米 | 水 稻 |
|---------------------|------|-------|-------|
| 平均产量 (kg/亩) | 84.2 | 144.7 | 168.7 |
| 产量指数变异系数 (C.V %) | 21.1 | 24.4 | 23.1 |

趋势产量是在实际产量与年份间建立三次方程求解得到的,方程可信度达到显著或极显著水平,作物历年产量指数(见表 2)。

从图和表 2 得到三类作物的平均产量和产量指数的变异系数(见表 3)。从表 3 看出三

类作物产量的稳定性依次为:大豆>水稻>玉米。

全部统计分析应用微机 PC-1600K 处理。

二、分析结果

(一)作物产量指数与气候因子的相关分析

对作物产量指数与气候因子进行相关分析表明,大豆、玉米和水稻与 5~6 月气温有显著正相关(表 4),玉米、水稻还与 5~9 月气

温有显著正相关。各时期的降水与日照与作物产量无显著相关关系。另外,三类作物产量之间具有极显著的正相关关系,可以初步认为它们具有同步增产或减产的趋势。最后从表 4 中还可看出,不同时期的气候因子间及

同一时期不同气候因子间均有一定的相关关系,也就是说气候因子间具有互相制约互相影响的关系,因此在分析某项气候因子对产量的影响程度时,必须将其放在整体中去考虑。

表 4 作物产量指数与气候因子相关分析(n=38)

| 项 目 | 5-6T 1 | 5-6P 2 | 5-6S 3 | 7-8T 4 | 7-8P 5 | 7-8S 6 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 1 | | | | | |
| 2 | -0.509** | 1 | | | | |
| 3 | 0.585** | -0.640** | 1 | | | |
| 4 | 0.310 | -0.097 | 0.091 | 1 | | |
| 5 | -0.051 | -0.100 | 0.050 | -0.542** | 1 | |
| 6 | 0.130 | -0.053 | -0.030 | 0.534** | -0.657** | 1 |
| 7 | 0.769** | -0.336* | 0.361* | 0.766** | -0.322* | 0.346* |
| 8 | -0.328* | 0.387* | -0.242 | -0.465** | 0.814** | -0.630** |
| 9 | 0.511** | -0.491** | 0.620** | 0.410* | -0.430** | 0.687** |
| 10 | 0.376* | 0.042 | 0.078 | 0.085 | -0.065 | 0.063 |
| 11 | 0.548** | -0.125 | 0.150 | 0.012 | -0.147 | 0.116 |
| 12 | 0.341* | 0.085 | -0.028 | 0.303 | -0.249 | 0.213 |
| 项 目 | 5-9T 7 | 5-9P 8 | 5-9S 9 | 大 豆 10 | 玉 米 11 | 水 稻 12 |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | 1 | | | | | |
| 8 | -0.426** | 1 | | | | |
| 9 | 0.491** | -0.671** | 1 | | | |
| 10 | 0.300 | -0.096 | 0.109 | 1 | | |
| 11 | 0.354* | -0.245 | 0.184 | 0.820** | 1 | |
| 12 | 0.414** | -0.263 | 0.188 | 0.715** | 0.623** | 1 |

注: ** P<0.01 * P<0.05

(二)作物产量指数与气候因子的主成分分析

在表 4 的基础上建立对称矩阵,经计算得到前 4 个主成分的特征值、特征向量及其累积贡献率(见表 5)。其中,累积贡献率刚好达到 85%,已可满足提取信息的要求。

第一主成分显然是各年作物整个生育期气候指标的量度,因 5~9 月的气温、降水和日照具有最大的负荷量。在对应第一主成分的各特征向量中一个有规律的变化是,各时

期的降雨量均为正向负荷,而各时期的气温、日照以及大豆、玉米和水稻产量均为逆向负荷,说明降雨多的年份,多为低温寡照年,具有这类气候条件的年份往往是大田作物的欠收年。另外,在第一主成分中,5~6 月气温是仅次于 5~9 月气候指标的第二天大逆向负荷量,并且符号与三类作物相同,说明 5~6 月温也是衡量年际间气候差别的一个重要指标,此期温度高,有助于增加大田作物的产量。

表 5

作物产量指数与气候因子的主成分分析

| 主成分特征值 累积贡献率(%) | 1 4.764 39.7 | 2 2.277 58.7 | 3 2.116 76.3 | 4 1.012 84.7 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 特 征 向 量 | | | | |
| 5-6T | -0.334 | 0.257 | 0.251 | 0.191 |
| 5-6P | 0.204 | -0.011 | -0.507 | 0.143 |
| 5-6S | -0.218 | 0.081 | 0.509 | -0.108 |
| 7-8T | -0.301 | -0.222 | -0.140 | 0.578 |
| 7-8P | 0.268 | 0.337 | 0.321 | 0.171 |
| 7-8S | -0.287 | -0.336 | -0.216 | -0.167 |
| 5-9T | -0.371 | 0.057 | 0.048 | 0.535 |
| 5-9P | 0.352 | 0.264 | 0.060 | 0.319 |
| 5-9S | -0.365 | -0.183 | 0.190 | -0.245 |
| 大豆 | -0.201 | 0.482 | -0.254 | -0.143 |
| 玉米 | -0.244 | 0.456 | -0.163 | -0.267 |
| 水稻 | -0.244 | 0.322 | -0.344 | 0.025 |

第二主成分中大豆、玉米是具有较大正向负荷的分量,因此,可视该主成分为大豆、玉米产量的量度。二者符号相同,进一步说明大豆、玉米对气候条件的反应更为接近,产量水平的变化特点具有更大的一致性。7~8月降雨的负荷量与这两类作物的负荷量比较接近,说明在整个生育期气候指标较为一致的年份里,大豆、玉米对生育后期7~8月降雨要求较多。

第三主成分可以看作是5~6月日照和降水的量度。二者负荷量方向相反,说明此期具有日照多降水少易发生干旱的特点。比较三类作物的负荷量水稻较突出,说明水稻在这种类型的年份里,对前期降水需求较大。

第四主成分的各分量中,7~8月气温和5~9月气温具有很大的正向负荷,其它指标的分量则较小。因此可以认为,该主成分是在前三个主成分大致固定的情况下,对7~8月和5~9月气温的量度。值得注意的一个现象

是,水稻的负荷量虽然很小,但方向与大豆、玉米相反,与7~8月和5~9月气温负荷量方向一致,说明水稻对气候条件的反应有别于大豆和玉米,对整个生育期及生育后期的气温有较高要求。

(三)作物产量指数与气候因子逐步回归分析

为了进一步确定气候与作物之间的定量关系,我们对不同时期的日平均气温、降雨量和日照时间共9个气候指标一起与三类作物的产量指数进行逐步回归,当 $F_1=4$, $F_2=3$ 时,进入各类作物回归方程的气候因子均只有一个(见表6)。

结果表明,影响大豆、玉米产量的关键气候因子是5~6月平均气温,作物减产10%(即产量指数为90时)的温度指标大豆为14.9℃,玉米为15.4℃,可见玉米对这一时期的温度要求更为严格,低温冷害的发生频率也最高。

表 6

作物产量指数与气候因子逐步回归分析

| 项 目 作物 | 回 归 方 程 | 相 关 系 数 (r) | X _y =90 | 发 生 频 率 (%) |
|-----------|---------------------|-------------|--------------------|-------------|
| 大 豆 | $Y=7.952X-28.331$ | 0.376* | 14.9℃ | 13.2 |
| 玉 米 | $Y=13.310X-114.942$ | 0.548** | 15.4℃ | 23.7 |
| 水 稻 | $Y=14.980X-165.649$ | 0.414** | 17.1℃ | 18.4 |

Y:产量指数; X:大豆、玉米为5~6月气温,水稻为5~9月气温。

影响水稻产量的关键气候因子是5~9份的日平均气温,减产10%的温度指标为17.1℃,水稻低温冷害的发生频率也较高。

三类大田作物低温冷害的发生频率依次为:玉米>水稻>大豆,这与上述提到的稳产次序是一致的。

三、讨论和建议

(一)三江平原是我国热量因素最少的地区之一。热量因素不但影响作物布局和品种使用,而且严重制约作物产量。每遇低温多雨寡照年,大田作物则显著减产。三类作物以大豆、玉米对气候条件的反应较为一致,影响其产量的关键气候因子主要是生育前期5~6月低温,其发生指标:大豆为14.9℃,玉米为15.4℃,1951~1988年38年中,低温冷害的发生频率:大豆为13.2%,玉米为23.7%。而影响水稻产量的关键气候因子主要是整个生育期5~9月持续的低温,其发生指标为17.1℃,发生频率为18.4%。

(二)水分问题一直是三江平原农业生产中一个没有解决、并且解决起来难度很大的问题。在比较低温冷害与涝灾孰轻孰重时,危害程度当然是涝灾。本文中的降雨条件与作物产量之间并没有很显著的负相关性,主要有两方面的原因。一方面是由于三江平原的水分问题并不就等于降雨问题,成涝方式还包括地形因素、土壤因素和外水侵入等原因。例如三江之一的松花江上游涨水殃及三江平原,这在本区的降雨中是反映不出来的。另一方面的原因是,三江平原的涝灾往往是一涝连两年,几年缓不过来,本来第二年降水条件适中,但受第一年涝灾影响作物仍然持续减产,这种特殊情况往往掩盖了降水条件对作物产量的影响。另外,本文是就全区而言,三江平原地域辽阔,地貌类型不一,加之统计数字受人影响较大,所以所得结果与局部不符的情况是有的。

(三)关于5~6月低温冷害的障碍机制有两种看法。一种认为此期低温会使作物生育期拖后,延迟成熟,为延迟性冷害^[6];另一种看法认为此期低温主要是减缓作物的营养生长,以玉米为例,其特征为叶片减少,植株矮,结穗小,但子粒可以正常成熟,属于生育不良型低温冷害^[7]。目前三江平原农业生产中越区种植的现象逐渐减少,作物正常成熟有所保证,因此,农业生产对这种生育不良型低温冷害应予以重视。

(四)针对大豆、玉米对前期低温比较敏感的特点,采用以调水增温为目的土壤改良和耕作栽培措施是十分必要的。如土壤改良方面在黑钙土上采用超深松打破犁底层,在白浆土上应用心土混层耕打破白浆层,克服表涝增加土温;耕作栽培方面适当增加磷肥,苗后深松以及在有条件的地方发展地膜覆盖等,这些已被生产实践证明是切实有效的增产途径。另外开展耐前期低温育种也是有意义的。因水稻对整个生育期气温要求高,所以采用棚内育秧先争取一部分积温,搞早育稀植是十分有效的,在三江边远地区发展水稻时,尤其值得推广。

参 考 文 献

- [1] 刘哲明:三江平原农业地理,农业出版社,1987
- [2] 郑剑非:三江平原农业气候资源考察与分析,北京农业大学学报,1981,4:103~107
- [3] 连成才:佳木斯地区温度条件与玉米生育及产量关系分析,黑龙江农业科学,1986,4:21~23
- [4] 王世香等:东北地区冬小麦产量和气象要素的统计学分析,中国农业科学,1979
- [5] Hisao SHIOZAKI. Differences of Response to Cool Summer Damage and Wet Damage among Upland Crops JARJA 9 18(4) (1985)
- [6] 孙玉亭等:玉米冷害及冷害措施鉴定,农业气象,1980,1,39~45
- [7] 余肇福:玉米冷害的关键期及生育不良型冷害,东北农学院学报,1985,3:46~52